

智能建造技术在超高层施工中的创新应用与实践

曹 靖

天保建设集团有限公司 河北 保定 072750

摘 要：超高层建筑施工面临技术复杂、管理难度大等难题，智能建造技术为其带来新突破。建筑信息模型（BIM）实现全生命周期信息集成，智能装备与机器人提升施工效率，物联网与大数据技术助力精细化管理。通过技术集成协同、人员能力培养、安全质量管控等实践要点，有效应对施工挑战。然而，技术标准缺失、投资成本高、数据安全隐患等问题仍待解决。探索多元化应对策略，对推动超高层施工智能化转型、提升行业竞争力意义深远。

关键词：智能建造技术；超高层施工；创新应用；实践

引言

随着城市化进程加速，超高层建筑不断刷新城市天际线，其施工技术革新成为行业焦点。智能建造技术融合BIM、物联网、大数据等前沿科技，为超高层施工带来高效、精准、安全的解决方案。本文基于行业发展趋势，深入探讨智能建造技术在超高层施工中的创新应用与实践，分析技术集成要点，剖析面临的挑战，并提出针对性应对策略，旨在为超高层施工智能化发展提供理论参考与实践指导。

1 智能建造技术概述

智能建造技术是融合多学科前沿技术对传统建造模式进行革新的新型技术体系，通过数字化、网络化、智能化手段重构建筑全生命周期管理流程。以BIM（建筑信息模型）为核心，将建筑工程的几何信息、材料属性、施工工艺等数据集成为三维可视化模型中，构建涵盖设计、施工、运维各阶段的数字化信息载体，实现建筑产品全生命周期的精准管控与协同优化。物联网技术在智能建造中发挥感知层作用，通过部署于施工现场的各类传感器，实时采集人员、设备、材料等要素的动态数据。例如，利用倾斜摄影、激光扫描等技术实现施工现场的三维实景建模，结合BIM模型进行施工进度对比分析；采用RFID标签和定位技术对建筑材料进行追踪管理，保障材料供应的及时性与质量可追溯性。人工智能与大数据分析赋予建造系统自主决策能力，机器学习算法可对海量施工数据进行深度挖掘，分析施工过程中的风险因素，预测进度偏差与质量隐患。如通过建立混凝土强度与配合比、养护条件的数学模型，优化施工参数，减少质量缺陷。机器人技术与自动化装备的应用显著提升建造效率，预制构件生产线采用工业机器人实现钢筋绑扎、混凝土浇筑等工序的自动化，建筑施工机器人能够完成复杂空间结构的精准安装作业。随着数字孪

生技术的发展，智能建造可构建与物理实体一一对应的虚拟模型，通过实时数据交互实现对建筑实体的动态监测与模拟仿真。这种虚实映射机制不仅可用于施工过程优化，还能在建筑运维阶段预测设备故障、评估结构健康状态，推动建造行业向智能化、绿色化方向持续演进，重塑建筑产业价值链。

2 智能建造技术在超高层施工中的创新应用

2.1 建筑信息模型（BIM）技术的深度应用

建筑信息模型（BIM）技术在超高层施工中实现了从设计到施工全流程的数字化协同管理，为项目的高效推进提供了坚实保障。在超高层复杂的结构体系构建过程中，BIM技术利用三维建模功能，将建筑、结构、机电等各专业信息整合于同一数字化平台，精确模拟建筑空间关系与构件连接方式，有效避免传统二维图纸难以发现的设计冲突，大幅减少施工过程中的设计变更与返工现象。在施工进度管理方面，BIM4D技术通过将三维模型与时间维度相结合，形成动态的施工进度模拟，施工团队能够直观地了解各阶段施工顺序与进度安排，合理调配资源，确保超高层施工的有序进行。BIM技术还可对建筑能耗、结构受力等性能进行模拟分析，辅助施工方案优化，提升超高层建筑的整体质量与性能^[1]。

2.2 智能装备与机器人技术的应用

智能装备与机器人技术的引入，为超高层施工带来了革命性的变革。在超高层混凝土浇筑作业中，智能布料机凭借精准的定位系统与自动化控制装置，可根据施工需求灵活调整布料路径与速度，确保混凝土均匀、高效浇筑，有效避免出现蜂窝、麻面等质量缺陷。建筑机器人则在高空作业、钢结构焊接等危险且高精度要求的施工环节发挥重要作用。例如，焊接机器人配备先进的视觉识别系统与智能控制系统，能够自动识别焊缝位置与形态，以稳定的焊接参数完成高质量焊接作业，不

仅提升了焊接效率与质量,还极大降低了人工高空作业的安全风险。智能塔吊通过搭载的传感器与数据分析系统,实时监测吊重、风速等参数,实现智能化的吊装调度,提高超高层施工中物料运输的安全性及效率。

2.3 物联网与大数据技术的集成应用

物联网与大数据技术的集成应用,使超高层施工管理迈向智能化、精细化阶段。在超高层施工现场,通过部署大量传感器,如温湿度传感器、应力传感器、位移传感器等,可实时采集施工环境、结构受力、设备运行等多维度数据,并借助物联网技术将数据传输至中央管理平台。大数据分析技术对海量数据进行深度挖掘与分析,能够及时发现施工过程中的潜在风险与异常情况。例如,通过对结构关键部位应力数据的实时监测与分析,可预测结构变形趋势,提前采取加固措施,保障施工安全。利用大数据对施工设备运行数据的分析,能够实现设备的预测性维护,及时发现设备故障隐患,减少设备停机时间,保障施工进度。基于物联网与大数据技术构建的施工管理平台,还能实现施工资源的优化配置,提升超高层施工的整体管理水平与经济效益。

3 智能建造技术在超高层施工中的实践要点

3.1 技术集成与协同管理

(1) 超高层施工中,智能建造技术集成需构建多维度数据交互平台,将BIM技术、物联网、无人机监测等系统深度融合。通过BIM模型搭建全生命周期数字化框架,整合建筑结构、机电管线、装饰装修等多专业信息,实现施工进度、资源配置的可视化模拟与动态优化,精准预判不同施工阶段的技术衔接难点。(2) 协同管理依托数字化协同平台,打破设计、施工、运维环节的信息壁垒。各参与方基于统一数据源开展工作,如利用物联网传感器实时采集施工现场设备运行数据、材料损耗数据,并同步反馈至BIM模型,确保各方获取一致且实时的工程信息,有效避免因信息滞后导致的施工冲突与返工。(3) 针对超高层施工复杂的垂直运输、高空作业场景,智能建造技术集成需定制专项解决方案。例如,结合塔吊智能调度系统与施工电梯AI监控系统,根据施工进度与人员物料需求动态规划运输路径,优化资源调配效率,同时利用无人机巡检技术辅助高空作业安全监测,实现技术协同增效。

3.2 人员培训与能力提升

(1) 智能建造技术在超高层施工中的应用对人员技能提出新要求,需开展针对性培训。施工人员需掌握BIM建模软件基础操作,能够通过模型理解复杂节点施工工艺,同时熟练操作智能测量机器人、智能混凝土浇

筑设备等新型工具,实现从传统施工技能向数字化操作能力的转型。(2) 技术管理人员应具备数据分析与决策能力,通过学习大数据处理与智能建造管理平台使用方法,能够解读施工过程中产生的海量数据,如设备运行参数、施工进度偏差数据等,进而制定科学的施工优化策略,保障工程高效推进。(3) 为确保人员能力持续提升,需建立实践与理论相结合的培养机制。定期组织模拟超高层施工场景的实操演练,运用虚拟现实(VR)技术还原复杂施工环节,让人员在虚拟环境中熟悉智能建造技术应用流程;同时开展行业前沿技术研讨会,分享超高层智能建造案例经验,拓宽人员技术视野,提升综合业务能力^[2]。

3.3 安全与质量管控

(1) 在超高层施工安全管控方面,智能建造技术通过构建全方位监测网络实现隐患预警。利用部署在施工现场的高清摄像头、激光雷达、红外传感器等设备,实时捕捉人员不安全行为、设备异常状态及环境风险因素,结合AI图像识别与数据分析技术,自动触发预警机制,如对未佩戴安全防护装备人员进行实时告警,对塔吊超载、倾斜等危险工况及时叫停作业。(2) 质量管控借助数字化检测手段提升精准度。三维激光扫描技术可快速获取施工实体的几何尺寸数据,并与BIM模型进行对比分析,精确定位施工偏差,及时纠偏;智能回弹仪、超声检测仪等设备配合物联网技术,实现混凝土强度、钢筋分布等质量参数的自动化采集与云端存储,形成可追溯的质量数据档案,为质量验收提供科学依据。(3) 针对超高层施工中高空作业、深基坑支护等高危环节,采用智能监测与自动化控制技术强化安全质量保障。例如,在深基坑周边布置智能监测点,实时监测土体位移、地下水位变化等数据,通过算法模型预测基坑变形趋势;在高空幕墙安装环节,运用先进机器人自动化安装系统,大幅减少人工操作风险,同时确保安装精度严格符合质量标准。

4 智能建造技术在超高层施工中面临的挑战与应对策略

4.1 面临的挑战

4.1.1 技术标准与规范不完善

智能建造技术融合BIM、物联网、人工智能等前沿技术,应用于超高层施工时,各环节缺乏统一且细化的技术标准。不同软件平台的数据交互格式、精度要求尚未形成统一准则,导致设计、施工阶段数据传递出现断层。在施工工艺方面,新型智能设备的操作流程、质量验收指标尚未建立成熟体系,使得施工过程中各方对技

术应用的理解和执行存在差异。技术迭代速度快,新设备、新方法不断涌现,但配套标准规范更新滞后,难以满足超高层施工精细化、标准化需求。

4.1.2 投资成本较高

超高层施工引入智能建造技术需购置先进的数字化设备、搭建复杂的信息管理系统,如高精度全站仪、智能塔吊监测设备、BIM协同管理平台等,前期设备采购和系统部署费用高昂。施工过程中,智能设备的维护保养、软件系统的升级迭代以及专业技术人员的薪酬支出持续产生成本。超高层建筑施工周期长,智能建造技术带来的效益需长期积累才能显现,短期内大量资金投入却无法快速回本,对施工企业的资金链形成巨大压力,限制了智能建造技术在超高层项目中的大规模应用^[1]。

4.1.3 数据安全与隐私保护问题

超高层施工的智能建造技术依赖海量数据支撑,从建筑设计数据、施工过程监测数据到设备运行状态数据,涵盖众多敏感信息。施工项目涉及多方参与,数据在传输、存储和共享过程中面临泄露风险,如黑客攻击、数据非法窃取等。部分智能设备和软件存在安全漏洞,易导致数据被篡改或丢失,影响施工进度和质量。数据隐私保护措施不到位,可能使企业核心技术、项目商业机密等泄露,损害企业竞争力和声誉。

4.2 应对策略

4.2.1 加快技术标准与规范制定

行业内可联合技术研发企业、施工单位和科研机构,针对超高层智能建造技术的特点,开展技术标准和规范的研究制定工作。通过分析实际施工案例,总结技术应用经验,明确数据交互标准、智能设备操作规范、质量验收标准等内容。建立动态更新机制,紧跟技术发展步伐,及时将新技术、新方法纳入标准体系,确保标准规范的时效性和实用性,促进超高层智能建造技术的规范化应用,提高施工各环节的协同效率。

4.2.2 探索多元化投资模式

施工企业可与设备供应商、技术服务提供商等建立战略合作关系,通过联合投资、租赁等方式,降低智能

建造技术应用的初始投资成本。引入金融机构的支持,利用项目融资、供应链金融等方式拓宽资金来源。挖掘智能建造技术在提升施工效率、降低运营成本等方面的潜在价值,吸引社会资本参与超高层智能建造项目,以合作共赢的模式分担投资风险,减轻企业资金压力,推动智能建造技术在超高层施工中的广泛应用。

4.2.3 加强数据安全与隐私保护

施工企业应采用先进的数据加密技术,对超高层施工过程中的各类数据进行加密处理,防止数据在传输和存储过程中被窃取或篡改。构建安全防护体系,部署防火墙、入侵检测系统等网络安全设备,实时监测数据访问和传输情况,及时发现并处理安全隐患。定期对智能设备和软件进行安全漏洞检测与修复,建立数据备份机制,确保数据的完整性和可用性。加强内部管理,规范数据使用权限,提升员工数据安全意识,全方位保障超高层智能建造技术应用过程中的数据安全与隐私^[4]。

结语

综上所述,智能建造技术在超高层施工中的创新应用显著提升了施工效率与质量,优化了管理模式,展现出强大的技术优势。技术标准、投资成本、数据安全等问题仍制约其广泛应用。未来需加快完善技术标准体系,探索多元投资模式,强化数据安全保障,持续推动智能建造技术创新。唯有如此,方能推动超高层施工向智能化、绿色化、高效化方向迈进,助力建筑行业高质量发展。

参考文献

- [1]郭凯,卢付杰.智能建造技术在超高层建筑工程施工中的应用与挑战[J].科海故事博览,2025(10):37-39.
- [2]刘美霞,卞光华,陈伟,等.超高层公共建筑智能建造技术体系探索实践[J].建筑结构,2023,53(10):10-14,73.
- [3]胡俊,杨成,欧阳浩.超高层建筑施工关键技术应用研究[J].广东土木与建筑,2021,28(10):83-86.
- [4]侯键国.数字化建造在超高层建筑幕墙工程中的应用研究[J].建筑施工,2025,47(5):712-715.